

Method and device for systematic deflection of light

Patent number: DE3543648
Publication date: 1987-06-19
Inventor: HIPPE JOHANN F DIPL PHYS (DE)
Applicant: HIPPE JOHANN F (DE)
Classification:
- International: G02B26/10; G01C13/00; G01S7/48
- European: G02B26/10, G01S7/481B
Application number: DE19853543648 19851211
Priority number(s): DE19853543648 19851211

Abstract of DE3543648

In order to deflect light systematically, divergent light sources are converted into line-like sources. Plane plates which can be rotated in the divergent beam path are used to produce a beam offset which causes a deflection of the light bundles behind a projection lens. The angle of rotation of the deflecting element is measured as a measure of the deflection.

The combination of two deflecting subassemblies aligned vertically relative to one another renders possible a device by means of which each point can be measured within a limited solid angle.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3543648 A1**

⑤① Int. Cl. 4:
G 02 B 26/10
G 01 C 13/00
G 01 S 7/48

②① Aktenzeichen: P 35 43 648.4
②② Anmeldetag: 11. 12. 85
④③ Offenlegungstag: 19. 6. 87

Patentamt
Bonn

DE 3543648 A1

⑦① Anmelder:
Hipp, Johann F., Dipl.-Phys., 2000 Hamburg, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤⑥ Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-PS	31 50 642
DE-PS	31 28 433
DE-PS	30 20 342
DE-OS	22 50 763
US	28 59 653
US	22 22 937

⑤④ Verfahren und Einrichtung zur systematischen Ablenkung von Licht

Verfahren und Einrichtung zur systematischen Ablenkung von Licht.

Zum systematischen Ablenken von Licht werden divergente Lichtquellen in linienartige Quellen umgeformt. Mit im divergenten Strahlengang drehbaren Planplatten wird eine Strahlversetzung erzeugt, die hinter einer Projektionslinse eine Ablenkung der Lichtbündel verursacht. Als Maß für die Ablenkung wird der Drehwinkel des Ablenkelementes gemessen.

Die Kombination zweier zueinander vertikal ausgerichteter Ablenkbaugruppen ermöglicht eine Einrichtung, mit der innerhalb eines begrenzten Raumwinkels jeder Punkt vermessen werden kann.

DE 3543648 A1

Patentansprüche

1. Verfahren zum systematischen Ablenken von Licht, dadurch gekennzeichnet, daß im divergenten Teil eines Strahlenbündels, nahe dem Fokuspunkt oder Quellpunkt oder Zwischenabbildungspunkt der Lichtquelle eine, für das verwendete Licht transparente Planplatte (2), die mit einer Winkelmeßeinrichtung (3) schlupffrei verbunden ist, kontinuierlich motorisch gedreht wird, und auf diese Weise eine Ablenkung des Lichtes hinter der Projektionslinse (7) hervorgerufen wird, und, als Maß für die Ablenkung des Lichtes, der Drehwinkel mit der Winkelmeßeinrichtung gemessen wird.
2. Verfahren zum systematischen Ablenken von Licht, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle oder leuchtende Fläche oder Zwischenabbildung vor der Planplatte (2), in einer quer zur Ablenkrichtung liegenden Dimension, eine sehr viel größere Ausdehnung hat als parallel dazu, so daß auch das projizierte Bild (11) der Quelle diese Form aufweist.
3. Verfahren zum systematischen Ablenken von Licht, dadurch gekennzeichnet, daß zwei Ablenkeinheiten nach Anspruch 1 und 2 derartig zu einem Ablensystem zusammengestellt werden, daß die Lichtstrahlung von beiden Quellen im wesentlichen in die gleiche Richtung projiziert wird und die Ablenkrichtungen und die jeweils längeren Abmessungen der Quellen oder Abbildungen (11), (11a) jedoch rechtwinklig oder stark winklig zueinander stehen.
4. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Planplatte ein rechteckiges, transparentes, planparalleles Polygonalprisma als Ablenkelement (2) verwendet wird.
5. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Drehwinkels mittels eines inkrementalen Winkelgebers (3) erfolgt, dessen Achse fest mit dem Ablenkelement (2) verbunden ist.
6. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Strahlengänge (1, 2, 22, 7) und (1a, 2a, 22, 7) mittels Strahlteiler (22) koaxial zusammengefaßt werden und nur ein Projektionsobjektiv erforderlich ist.
7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Lichtquelle mittels Strahlteilung ein Empfänger zugeordnet wird und beide Strahlengänge das gleiche optische Ablenkelement (2) durchlaufen.
8. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Quelle oder die sie repräsentierende Zwischenabbildung aus mehreren linienförmigen Quellen (7) zusammengesetzt ist.

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum systematischen Ablenken von Licht aller Wellenlängen, bei denen die Gesetze der geometrischen Optik noch in guter Näherung verwendet werden können, sowie eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Insbesondere ist

dieses Verfahren zum Scannen mit Laserlicht geeignet. Als nicht deutsches Wort hat sich für "systematisches Ablenken" das Wort "scannen" oder für ein Gerät, mit dem Licht systematisch abgelenkt wird, das Wort "Scanner" im deutschen Sprachgebrauch durchgesetzt.

Die Erfindung findet Anwendung in automatischen Trackinggeräten, mit denen beispielsweise ein Reflektor, der an einem bewegten Objekt oder Fahrzeug montiert ist, ständig vermessen wird. Dabei besteht die Vermessung in der Messung der Polarkoordinaten von einem Meßgerät zum Reflektor.

Derartige Messungen kommen beispielsweise in der Hydrographie vor. Dort gibt es das Problem, Tiefenprofile von Gewässern zu vermessen, um Seekarten herzustellen. Mit einem auf einem Schiff befindlichen Echolot wird die Tiefe gemessen und mit einem Vermessungsgerät wird von Land aus die Position des Schiffes bzw. die Position des am Schiff befestigten Reflektors vermessen. Auf diese Weise können die Tiefenmessungen den Orten exakt zugeordnet werden.

Ein weiteres Beispiel ist die Vermessung eines Satelliten o. ä. von einer Rakete aus, um ein Dockingmanöver mit möglichst geringem Energieverbrauch durchzuführen. Dazu muß immer genauestens das Ziel in allen Koordinaten vermessen werden.

Ähnliche Aufgabenstellung sind im Berbau zur automatischen Steuerung von Erdbewegungs- oder Räumaschinen bekannt. Hier können die Maschinen mit Reflektoren ausgerüstet werden und nach dem erfindungsgemäßen Verfahren von einem entfernten Punkt vermessen und geführt werden.

Es gibt eine Reihe weiterer Anwendungsgebiete, denen gemeinsam ist, daß in einem begrenzten Winkelsektor mittels geeignet geformter Lichtstrahlen hochgenau die Polarkoordinaten zu einem Reflektor vermessen werden müssen.

Es ist bekannt, Scanner mit rotierenden Spiegeln aufzubauen. Dadurch wird das Lichtbündel kontinuierlich, entsprechend der doppelten Spiegelbewegung, abgelenkt. Diese Technik hat in vielen Varianten Verwendung gefunden, z. B. als Polygonalspiegel in Laserdrukern, um sehr große Ablenkgeschwindigkeiten zu erzeugen oder als Schwingspiegel in Laserprojektoren.

Ebenso ist bekannt, elektrooptische Deflektoren zu verwenden, um Lichtbündel abzulenken oder zu modulieren. Diese Art Scanner werden meistens außerhalb des optischen Systems der Lichtquelle verwendet. Eine weitere bekannte Art der Lichtablenkung ist die Verwendung von Herschelprismen. Das sind zwei gleiche gegeneinander verdrehbare Prismen, deren Verwendung allerdings den Nachteil hat, daß damit aufgebaute Scanner sehr langsam sind und relativ große Massen bewegt werden müssen.

Nachteilig bei diesen Einrichtungen ist, daß für divergente Lichtquellen wie z. B. Halbleiterlaser, diese Scanner erst hinter dem Projektionsobjektiv, im parallelen Strahlengang angebracht werden.

Hinter dem Objektiv ist jedoch der Durchmesser des Lichtbündels naturgemäß um ein Vielfaches größer, so daß diese Scanner für divergente Quellen sehr groß werden. Im Falle der rotierenden Spiegel würde jeweils eine Spiegelfläche vorbeigeführt werden.

Vom Winkelbereich, den diese Fläche zur Lichtausbreitungsrichtung durchläuft, kann nur ein kleiner Bereich verwendet werden. Dieser Bereich ist um so kleiner, je kleiner der zu erreichende Scanbereich sein soll. Dadurch entsteht zwischen den aufeinander folgenden Scanvorgängen eine Totzeit oder ein ungenutzter Win-

kelbereich, der jedoch üblicherweise, insbesondere bei Laseranwendungen, möglichst klein sein soll.

Außerdem sind die Anforderungen an die Winkelmessung bei Verwendung von Spiegeln sehr hoch.

Der hier beschriebenen Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein kostengünstiges Verfahren und eine Einrichtung zum Scannen von Licht anzugeben, nach und mit dem in einem begrenzten Winkelsektor die Lage eines Reflektors im Scansektor kontinuierlich gemessen werden kann, das in kleiner Bauweise hergestellt und angewendet werden kann und bei der zugehörigen Einrichtung die Anforderungen an die Winkelmessgenauigkeit innerhalb des oder der Ablenkern klein sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß noch im divergenten Strahlengang, nahe der Lichtquelle oder nahe einer Zwischenabbildung der Lichtquelle, eine für den Wellenlängenbereich der Lichtquelle transparente Planplatte, mit der Drehachse senkrecht zur Lichtausbreitungsrichtung, gedreht wird.

Dadurch wird eine Strahlversetzung erzeugt, die eine Änderung des Abstrahlwinkels hinter dem letzten Objektiv des optischen Systems der Lichtquelle verursacht. Diese Änderung des Abstrahlwinkels ist durch Brennweite des Systems und durch die Strahlversetzung bestimmt und die Strahlversetzung durch die Brechungszahlen vom Umgebungsmedium und der Planplatte, der Dicke und der Winkelstellung der Planplatte.

Wird die Planplatte kontinuierlich gedreht, wird eine kontinuierliche Ablenkung des Lichtbündels hervorgerufen. Die Planplatte kann z. B. als Würfel oder mehrflächiges Element ausgebildet werden, so daß mit jeder Drehung einer Fläche im Strahlengang ein Scanvorgang erzeugt wird.

Da ein exakter Zusammenhang zwischen den geometrischen Größen und der Ablenkung des Lichtbündels besteht, kann zur Messung des Ablenkungswinkels des Lichtbündels die Messung des Drehwinkels der Planplatte herangezogen werden. Dies kann zum Beispiel durch Winkelgeber wie z. B. inkrementale Winkelgeber durchgeführt werden.

Ein Scanner mit nur einer Ablenkeinrichtung erlaubt noch keine Bestimmung der Polarkoordinaten eines Reflektors. Dazu ist eine zweidimensionale Abtastung des Scanfeldes mit zwei Ablenkern erforderlich, die beispielsweise senkrecht zueinander ablenken, sowie eine Entfernungsmessung zum Reflektor.

Durch unterschiedliche Ablenkgeschwindigkeiten der Scanner kann ein Scan-Feld flächig mit einem projizierten Lichtfleck abgetastet werden. Scanner, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeiten, sind also sehr einfach herzustellen und die Anforderungen an die meßtechnischen Mittel sind sehr niedrig.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsbeispiele für Apparate, die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren arbeiten anhand von Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Beispiel einer Anordnung eines Scanners,

Fig. 2 das projizierte Bild der Linienlichtquelle im Fernfeld,

Fig. 3 das Blockschaltbild einer Anordnung eines Scansystems nach dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 4 ein Beispiel eines optischen Systems für eine erfindungsgemäße Anwendung des Verfahrens,

Fig. 5 ein weiteres optisches System für eine erfindungsgemäße Anwendung des Verfahrens,

Fig. 6 das projizierte Bild zweier linienförmiger Lichtquellen, entsprechend einer Ausführungsform eines Scanners nach Fig. 2,

Fig. 7 das projizierte Bild einer anderen Ausführungsform einer linienförmigen Lichtquelle,

Fig. 8 eine Ausführungsform eines Scanners mit zwei Ablenkern in einem optischen System.

Ein Ausführungsbeispiel (Fig. 1) einer erfindungsgemäßen Einrichtung stellt einen Scanner mit einer hohen Rate für die Vermessung des Reflektors dar.

Dabei wird eine divergente Lichtquelle, wenn nötig, mittels speziell geformter Lichtleitfasern oder sonstiger optischer Komponenten zu einer linienförmigen Quelle (1), die quer zur Hauptausbreitungsrichtung (9) des Lichtbündels orientiert ist, umgeformt. Die Quelle (1) wird im Fernfeld mit einem Projektionsobjektiv (7) abgebildet.

Im divergenten Strahlengang, nahe der linienförmigen Lichtquelle oder nahe einer Zwischenabbildung der Lichtquelle, wird ein für den Wellenlängenbereich der Lichtquelle transparentes Polygonalprisma, vorzugsweise ein Würfel (2), mit der Drehachse (10) senkrecht auf der Strahlungsrichtung (9), gedreht. Dadurch entsteht eine Strahlversetzung, die eine Änderung des Abstrahlwinkels hinter dem Projektionsobjektiv (7) der Lichtquelle (1) verursacht. Wird z. B. der Würfel (2) einmal um sich selbst gedreht, so wird das Lichtbündel viermal abgelenkt.

Zur Messung des Ablenkungswinkels des Lichtbündels hinter der Projektionslinse wird die Messung des Drehwinkels des Würfels herangezogen. Dafür wird der Winkelgeber (3) benutzt. Der Antrieb des Würfels erfolgt mittels Motor (4) über die Zahnräder (5, 6). Alternativ könnte hier auch eine Kraftübertragung mittels elastischer Rundschnur erfolgen.

Fig. 2 zeigt das Bild der projizierten linienförmigen Quelle (11), welches infolge der Rotation des Würfels (2), ein bestimmtes Feld (12) überstreicht. Mit dieser Einrichtung findet man die Winkellage des Reflektors mit einem einzigen Scanvorgang in einer Winkelrichtung.

Mit einer zweiten derartigen Einrichtung, deren Lichtquelle und Scanner senkrecht zur ersten orientiert sind, ist man in der Lage, die zweite Winkel-Dimension zu messen.

Wird die Lichtlaufzeit zum Reflektor und zurück mit den gleichen Lichtpulsen gemessen, so ist die Position des Reflektors in allen Polarkoordinaten bekannt. Dazu sind lediglich zwei Scans erforderlich, wodurch mit diesem Scanner besonders schnell und genau gemessen werden kann.

Eine derartige Einrichtung wird in Fig. 3 dargestellt. Die Bezeichnungen (1a, 2a, 3a, 4a, 7a) gehören zur im rechten Winkel zur ersten angeordneten zweiten Scaneinrichtung. Die Scanrichtungen sind folglich vertikal zueinander ausgerichtet.

Die projizierten Lichtquellen sind in Fig. 6 dargestellt. Das Empfangsobjektiv (15) mit dem Empfänger (20) sind so gewählt, daß das Sehfeld (14) das gesamte Scan-Feld umgreift. Mittels der Entfernungsmeßelektronik (16) und der Winkelmeßelektronik (17) können genau zu dem Zeitpunkt, zu dem Reflexionssignale empfangen werden, Winkelauslesungen erfolgen. Damit sind dann die Polarkoordinaten des Reflektors vollständig vermessen.

Fig. 4 und 5 zeigen weitere Beispiele von Einrichtungen in denen das erfindungsgemäße Verfahren verwendet wird.

Dabei wird in Fig. 4 das Lichtbündel der Quelle (1) mit dem Ablenkelement (2), und das Lichtbündel der Quelle (1a) mit dem Ablenkelement (2a), mittels Strahl-

teiler (22) koaxial zusammengefaßt und beide Lichtbündel mit der Projektionslinse (7) im Fernfeld abgebildet. Zugehörige Empfänger für die reflektierte Strahlung (20 mit 15) sind dem Scansystem zugeordnet. Dabei umgreift das Sehfeld des Empfängers den Scanbereich wie in Fig. 2 und 6 als (14) dargestellt. 5

Fig. 5 zeigt eine weitere Variante einer Einrichtung in der jeder Quelle des Scansystems (1 und 1a) ein Empfänger (20 und 20a) mit Strahlteilung (22 und 22a) zugeordnet ist. Dabei haben die Empfänger ein Sehfeld wie in Fig. 6 als (13 und 13a) dargestellt. 10

Eine weitere Ausführungsform einer linienförmigen Lichtquelle ist in Fig. 7 dargestellt. Dabei sind zwei parallele Lichtquellen nebeneinander angeordnet, so daß nur der halbe Scan-Winkel durchfahren werden muß, um die gesamte Scan-Fläche bestehend aus (12, 12c) zu überstreichen. Bei gepulst betriebenen Lichtquellen, z. B. Halbleiterlaser, können die Quellen (1) und (1c) nacheinander zyklisch angesteuert werden. 15

Diese Ausführungsform ist besonders dann geeignet, wenn ein sehr großer Scan-Bereich überstrichen werden soll, da der Scan-Winkel jeder Einzelquelle klein gehalten werden kann, oder wenn eine große Messgenauigkeit erreicht werden soll. Der erste Grund ist dann wichtig, wenn die durch die optische Planplatte oder den Würfel hervorgerufenen Verzerrungen des projizierten Bildes vermieden werden sollen, was bei großen Ablenkungswinkeln unvermeidlich ist. 20

In einer weiteren Ausführungsform kann ein Scan-System auch mit zwei Ablenkern in einem Strahlengang ausgerüstet werden. Die Drehachsen (24, 25) der optischen Planplatten (26, 27) sind dabei senkrecht zueinander angeordnet, so daß man durch Drehung dieser optischen Planplatten innerhalb eines bestimmten Winkelbereiches jeden Punkt im Scanfeld abfahren kann. Als Lichtquelle eignet sich hier auch eine punktförmige Quelle (23) für Fälle, in denen der Lichtstrahl hinter dem Projektionsobjektiv (7) auf einen bestimmten Punkt gerichtet werden soll. 25

Besondere Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens liegen z. B. darin, daß die zur Messung des Ablenkungswinkels erforderliche Meßgenauigkeit durch die ersatzweise Messung des Drehwinkels der optischen Planplatte (2) stark herabgesetzt wird und trotzdem eine direkte Ablenkungswinkelmessung erfolgt. Der Faktor um den die erforderliche Meßgenauigkeit herabgesetzt wird liegt z. B. bei einem Scan-Winkel vom 20 Millirad und einer Brennweite von 100 mm und einer Planplattendicke von 8 mm bei ca. 30. Das führt dazu, daß Scanner, die nach diesem Verfahren arbeiten sehr kostengünstig gebaut werden können. 30

Weiterhin ist die Bauform eines Scansystems, das das erfindungsgemäße Verfahren verwendet, extrem klein, da sich die oder der Scanner im divergenten Strahlengang und nicht hinter dem Projektionsobjektiv befinden. 35

FIG. 1

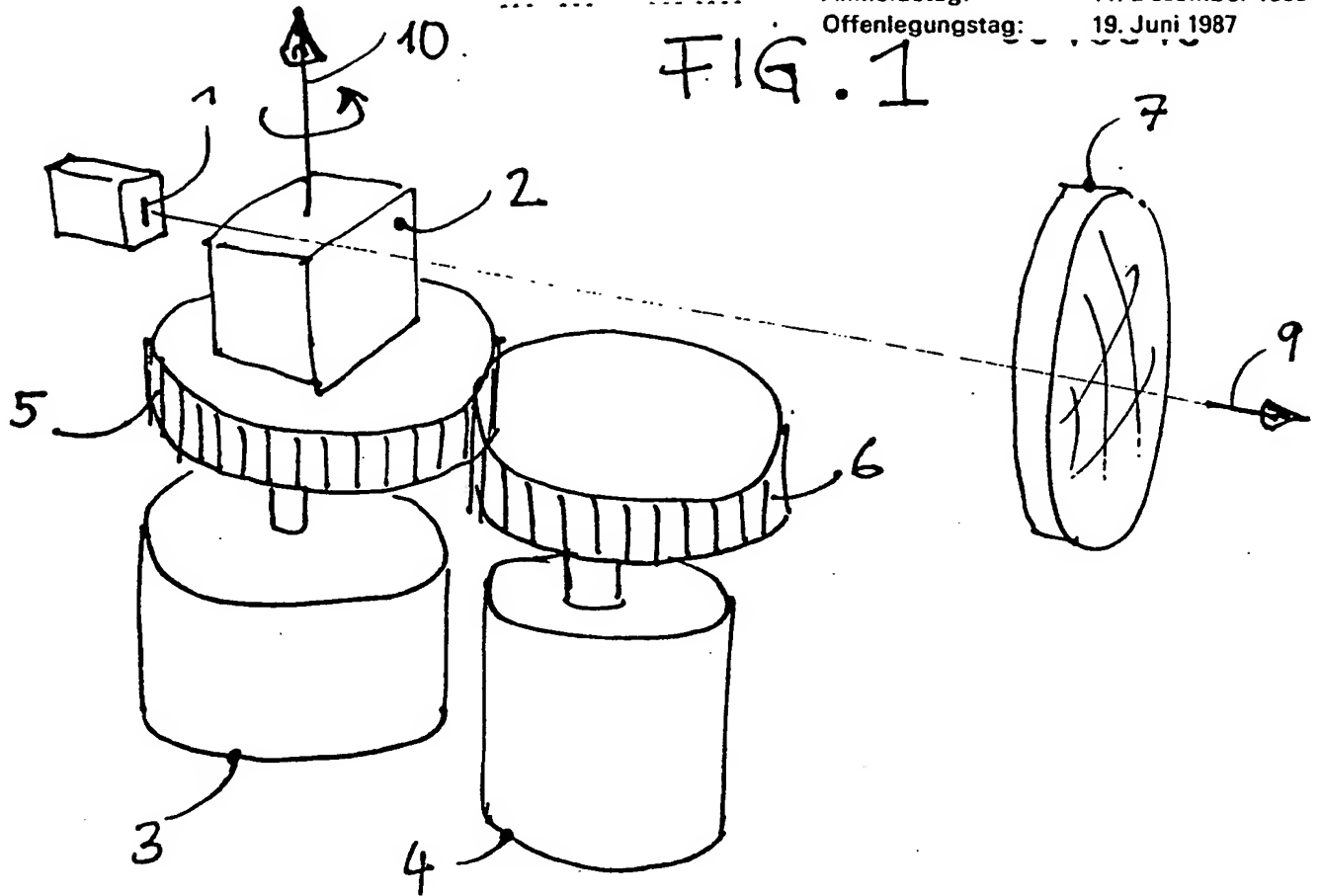


FIG. 2

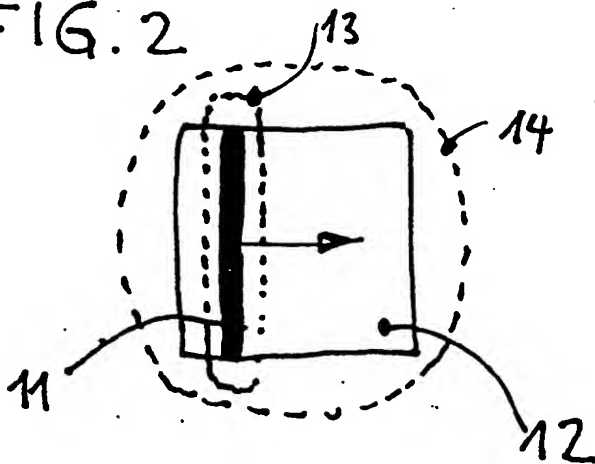
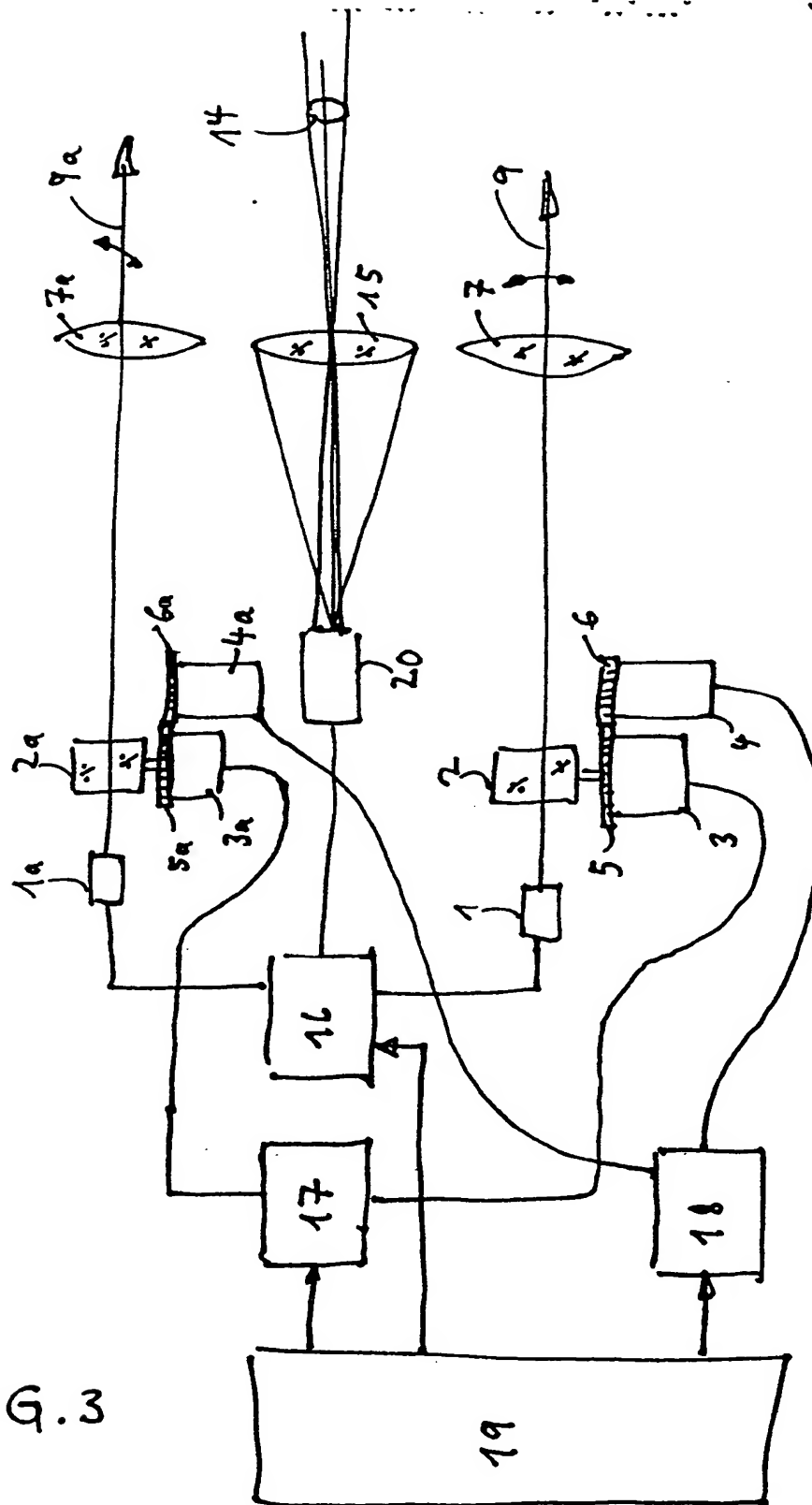


FIG. 3



11-12-85

FIG. 4

3543648

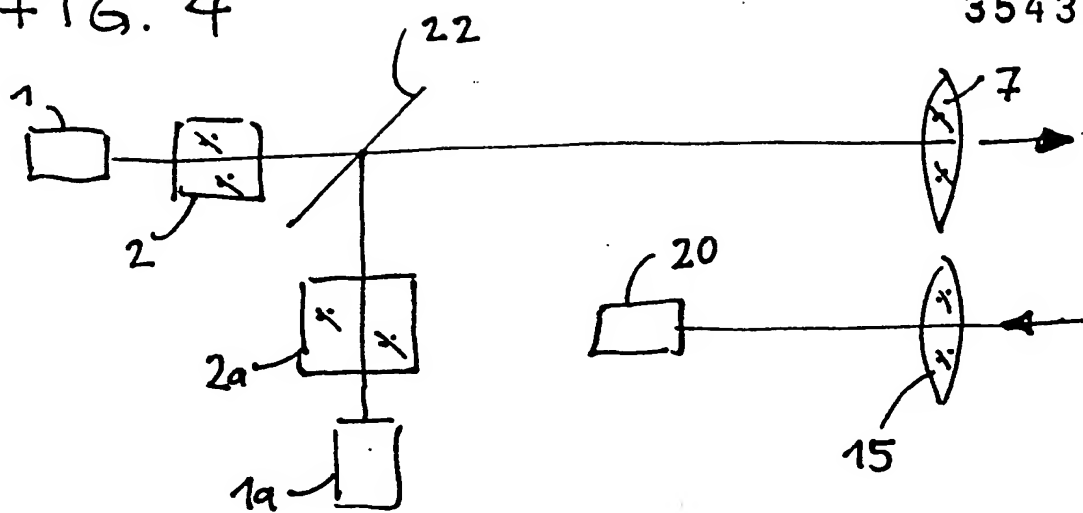


FIG. 5

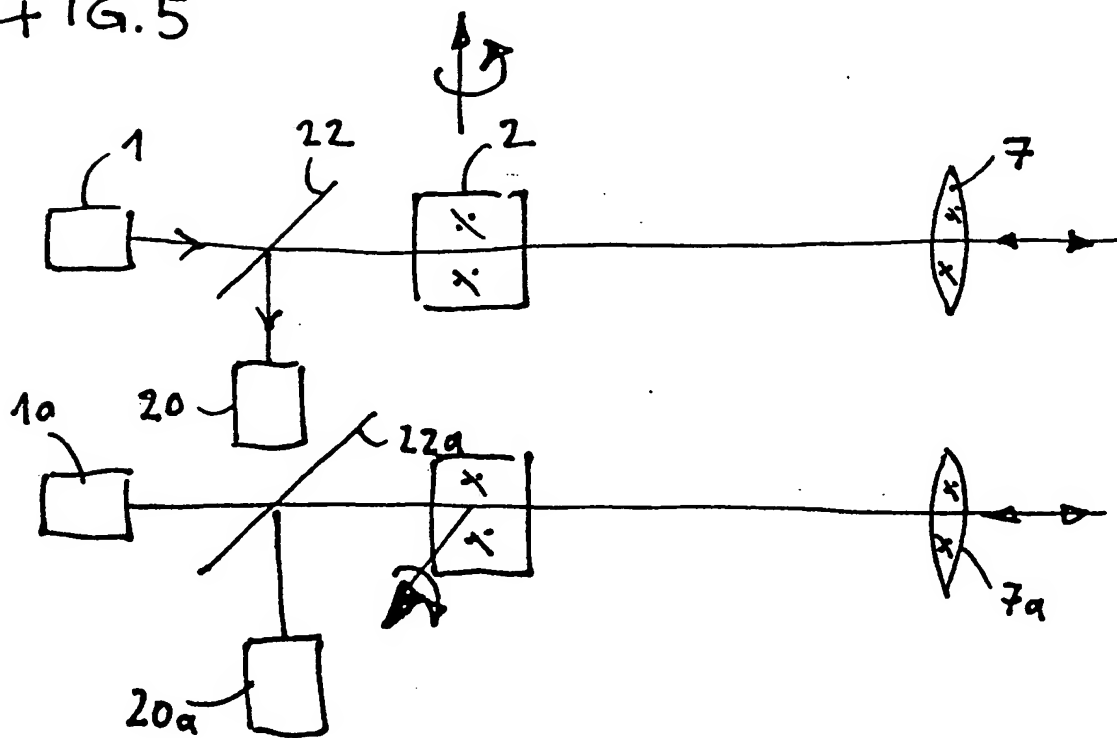
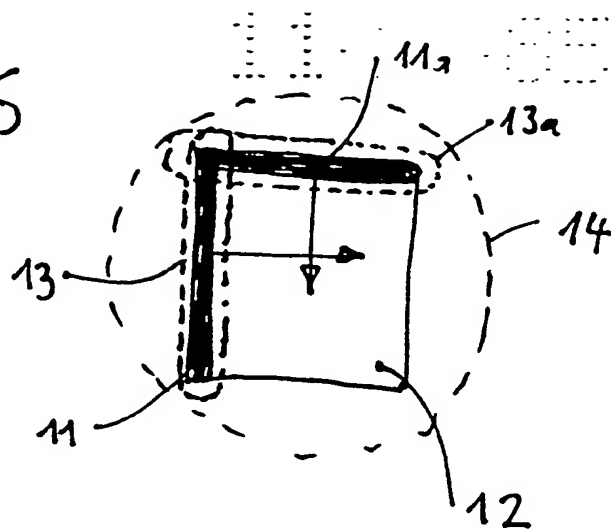


FIG. 6



3543648

FIG. 7

